

SOUND ABSORBING MATERIAL

Patent Number: JP9173775
Publication date: 1997-07-08
Inventor(s): IBUSUKI AKITSUGU;; TAKEUCHI HIROSHI;; NEGISHI NOBUAKI;; OOTA KAZUNOBU;; DOI TAKAHIRO;; TACHIKA SATORU
Applicant(s): SEKISUI JUSHI CO LTD;; AGENCY OF IND SCIENCE & TECHNOL
Requested Patent: ☐ JP9173775
Application Number: JP19950334452 19951222
Priority Number (s):
IPC Classification: B01D53/86; B01D53/94; B01J35/02; E01F8/00; E01F8/02
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the noise and remove nitrogen oxide.

SOLUTION: Titanium dioxide containing coating films 2 are formed on porous bodies 1. Noise is reduced by the porous bodies 1, and when light is irradiated on titanium dioxide of the coating films 2, the titanium dioxide is activated, and when nitrogen oxide in air comes into contact with the activated titanium dioxide, the nitrogen dioxide is oxidized to nitric acid and the like by strong oxidizing force due to the activity of titanium oxide and is removed. Besides, the porous body 1 has larger exposed surface area by its porous structure compared with a nonporous material, and the titanium dioxide of the coating film 2 formed on the porous body 1 has surface area in contact with nitrogen oxide in air get larger, allowing the nitrogen oxide to be effectively removed.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-173775

(43) 公開日 平成9年(1997) 7月8日

(51) Int.Cl. ⁹	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 0 1 D 53/86	Z A B		B 0 1 D 53/36	Z A B J
53/94			B 0 1 J 35/02	Z A B J
B 0 1 J 35/02	Z A B		B 0 1 D 53/36	1 0 2 C
E 0 1 F 8/00			E 0 1 F 8/00	
8/02				

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平7-334452

(22) 出願日 平成7年(1995)12月22日

(71) 出願人 000002462

積水樹脂株式会社

大阪府大阪市北区西天満2丁目4番4号

(71) 出願人 000001144

工業技術院長

東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

(72) 発明者 指宿 亮嗣

茨城県つくば市小野川16番3 工業技術院

資源環境技術総合研究所内

(72) 発明者 竹内 浩士

茨城県つくば市小野川16番3 工業技術院

資源環境技術総合研究所内

(74) 指定代理人 工業技術院資源環境技術総合研究所長

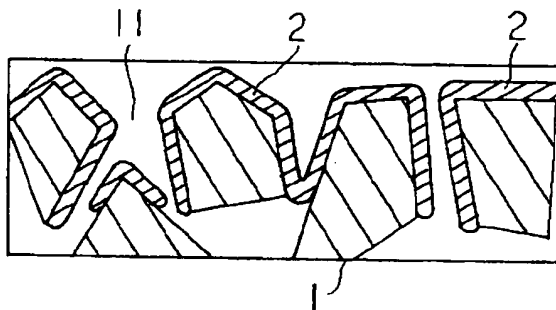
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 吸音材

(57) 【要約】

【課題】騒音の低減を図ると共に窒素酸化物の除去も図ることのできる吸音材を提供する。

【解決手段】多孔質体1に、二酸化チタンを含有する被膜2を形成する。多孔質体1により騒音の低減を図ることができ、また被膜2の二酸化チタンに光が照射されると二酸化チタンが活性化され、この活性化された二酸化チタンに空気中の窒素酸化物が触れると、窒素酸化物は二酸化チタンの活性による強い酸化力で硝酸等に酸化されて除去できる。しかも多孔質体1は多孔構造により無孔質材に較べて露出されている表面積が大きく、この多孔質体1に形成された被膜2の二酸化チタンは、空気中の窒素酸化物に触れる表面積も大きくなることから、効果的に窒素酸化物が除去される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 多孔質体に、二酸化チタンを含有する被膜が形成されたことを特徴とする吸音材。

【請求項2】 前記被膜が多孔質状であることを特徴とする請求項1記載の吸音材。

【請求項3】 多孔質体に、ポリエチレングリコールを添加したチタンアルコキシドの溶液をコーティングし、大気中の水分により前記チタンアルコキシドを加水分解させた後、焼成することにより二酸化チタンを含有する被膜が形成されてなることを特徴とする請求項2記載の吸音材。

【請求項4】 多孔質体に、予めけい素アルコキシドのゾル溶液をコーティングすることにより二酸化けい素からなるプレコート層が形成され、該プレコート層上に二酸化チタンを含有する被膜が形成されたことを特徴とする請求項1、2または3記載の吸音材。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、主として、車両等の走行に伴う騒音を遮音、吸音するために、高速道路や鉄道の沿線等に沿って設置される防音壁や、また橋梁や高架道路橋、堀割、半地下道路等の構造体の下面部や壁面、天井面等に取付けられる吸音構造体等に好適に用いられる吸音材に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、この種の吸音材としては一般には多孔質体から形成され、多孔質体としては、一般にはグラスウールやロックウールからなるもの、アルミニウム等の金属繊維からなるもの、金属繊維をバインダーを介して結合させたもの、金属粉末やセラミック粉末、金属短繊維等を焼結した焼結材からなるもの、また金属発泡材や有機発泡材、無機発泡材等の発泡材からなるもの等が用いられている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 上記の如き従来の吸音材は、それが車両等の走行に伴う騒音を発する所に配置されることにより、それなりの騒音公害を低減できるものであるが、近年車両等の走行に伴う公害としては、他に車両等の排気ガスから排出される窒素酸化物による環境汚染の問題が指摘されている。この窒素酸化物は、人体に呼吸器障害を誘発するといわれ、また太陽紫外線、炭化水素と関係してオキシダントを生成し、いわゆる光化学スモッグを引き起こすものである。しかしながら上記の如く、従来の吸音材は騒音公害の低減のみを目的としたものであり、窒素酸化物による環境汚染については何ら効果がないものであった。

【0004】 そこで本発明は上記の如き問題を解決し、騒音の低減を図ると共に窒素酸化物の除去も図ることのできる吸音材を提供せんとするものである。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明者は、吸音材において、如何にして効果的に騒音の低減を図ると共に窒素酸化物の除去を図るのかについて鋭意研究した結果、多孔質体に、二酸化チタンを含有する被膜が形成された吸音材は、上記の如く多孔質体により騒音の低減を図ることができること、また被膜の二酸化チタンに光が照射されると二酸化チタンが活性化され、この活性化された二酸化チタンに空気中の窒素酸化物が触れると、窒素酸化物は二酸化チタンの活性による強い酸化力で硝酸等に酸化されて除去できること、しかも多孔質体は多孔構造により無孔質材に較べて露出されている表面積が大きく、この多孔質体に形成された被膜の二酸化チタンは、空気中の窒素酸化物に触れる表面積も大きくなることから、効果的に窒素酸化物が除去できること等を心得し、本発明を完成するに至った。

【0006】 すなわち本発明に係る吸音材は、多孔質体に、二酸化チタンを含有する被膜が形成されたことを特徴とするものである。

【0007】 本発明によれば、多孔質体に、二酸化チタンを含有する被膜が形成されているので、多孔質体により騒音の低減を図ることができ、また被膜の二酸化チタンに光が照射されると二酸化チタンが活性化され、この活性化された二酸化チタンに空気中の窒素酸化物が触れると、窒素酸化物は二酸化チタンの活性による強い酸化力で硝酸等に酸化されて除去できる。しかも多孔質体は多孔構造により無孔質材に較べて露出されている表面積が大きく、この多孔質体に形成された被膜の二酸化チタンは、空気中の窒素酸化物に触れる表面積も大きくなることから、効果的に窒素酸化物が除去される。

【0008】 本発明において前記多孔質体は、微細な多孔構造が形成される多孔質材からなるものであって、その材質及び気孔率は特に限定されず、例えばグラスウールやロックウールからなるもの、アルミニウム等の金属繊維の集積体からなるもの、金属繊維をバインダーを介して結合させたもの、金属粉末や粒子、セラミック粉末や粒子或いは金属短繊維等を焼結した焼結材からなるもの、また金属発泡材や有機発泡材、無機発泡材等の発泡体からなるもの、またフライアッシュ粉末や焼成フライアッシュ粉末、粘土を溶融噴霧して得られる粉末等の粉体とアルカリ金属硅酸塩と水とからなる無機質硬化体等が適宜用いられるが、特にセラミック粉末や粒子を焼結した焼結材から形成すれば、強度的に優れ、且つ二酸化チタンの活性による強い酸化力に対しても劣化しにくく、さらにこの二酸化チタンの酸化力により酸化されて窒素酸化物から生ずる硝酸等にも侵されにくいので好ましい。なお前記セラミック粉末や粒子による多孔質体では、気孔率は一般に10～90%程度、より好ましくは20～50%程度となされる。

【0009】 前記多孔質体に形成される被膜に含有される二酸化チタンはルチル型でもよいが、活性の高さから

アナターゼ型のものが好ましく、この二酸化チタンに波長領域が300～400nmの紫外光を照射することによって活性化され、その活性化により強い酸化力が発揮されて、二酸化チタンの表面に接する大気中の窒素酸化物が水の存在によって硝酸等に酸化されて除去される。二酸化チタンを活性化する前記紫外光は、太陽光に多く含まれ、また水銀灯やブラックライト等の光にも含まれているため、被膜に含有される二酸化チタンに太陽光を照射したり、水銀灯やブラックライト等の紫外光を多く含む人工光源を照射する等すれば、二酸化チタンは容易に活性化される。

【0010】前記多孔質体に形成される被膜は、空気中の窒素酸化物が二酸化チタンに触れるように二酸化チタンが被膜面に露出されていることが必要であり、また窒素酸化物ができるだけ多く除去される得るためには、ほぼ二酸化チタンのみから形成されているのが好ましいが、窒素酸化物を吸着するという点からは、二酸化チタンと共に吸着剤が含有されていてもよい。このようになされていると吸着剤に窒素酸化物が吸着されると共に、その吸着された窒素酸化物は二酸化チタンにより硝酸等に酸化されるまで脱着されることが防止される。吸着剤としては、活性炭、ゼオライト、カーボン等が一般に使用される。

【0011】また二酸化チタンに効率よく窒素酸化物を除去させるためには、二酸化チタンと空気との接触面積をできるだけ大きくすることが好ましく、従って被膜は多孔質体の微細な多孔構造をできるだけ塞ぐことなく、この微細な多孔構造に沿って薄膜状で形成されているのが好ましいが、あまり薄くし過ぎるとその被膜に含有される二酸化チタンの量も少なくなって窒素酸化物を効率よく除去できなくなることから、例えば、ほぼ二酸化チタンのみから形成された被膜では、膜厚は一般には0.1～0.8 μ m程度とされる。また吸着剤等が含有された被膜にあっては、空気と触れる二酸化チタンの表面積と、効率よく窒素酸化物を除去し得る二酸化チタンの量とを勘案して適当な膜厚を決定する必要がある。しかしながら本発明では元々表面積が大きい多孔質体に前記被膜が形成されているので、それ自体で空気と触れる二酸化チタンの表面積は大きくなっているため、膜厚は特に上記数値等に限定されるものではない。

【0012】さらに効率よく窒素酸化物を除去させるために、二酸化チタンを含有する被膜は、多孔質状となされているのが好ましい。このように多孔質状の被膜となされていると、二酸化チタンと空気との接触面積がさらに大きくなると共に、形成された多くの孔に窒素酸化物が吸着され、且つその吸着された窒素酸化物は二酸化チタンにより硝酸等に酸化されるまで脱着されることが防止される。

【0013】前記多孔質体に、二酸化チタンを含有する被膜を形成するには、多孔質体に、二酸化チタンの粉末

を溶融させて吹き付ける溶射法、化学反応を介して二酸化チタンを析出させるCVD（化学的製膜法）、スプレーにて吹き付けるスプレー法、二酸化チタンをスパッタ蒸発させて沈着させるスパッタ蒸着法、真空蒸着等に適宜方法が適用され、その方法は特に限定されるものではない。

【0014】なお特に多孔質状の被膜を形成するには、前記方法とは別に、チタンアルコキシドを用いて形成するのが好ましい。この方法は、チタンアルコキシドを加水分解することによって得られるゾル液に多孔質体をディップコーティングした後、焼成して製膜する方法と、多孔質体に、ポリエチレングリコールを添加したチタンアルコキシドの溶液をコーティングし、大気中の水分により前記チタンアルコキシドを加水分解させた後、焼成して製膜する方法とがあり、いずれの方法も本発明においては適用される。なお前者の方法と後者の方法の相異は、前者の方法は、予め加水分解によりゾル化されたチタンアルコキシドのゾル液を多孔質体にコーティングするのに対して、後者の方法は、ゾルになる前のチタンアルコキシドの溶液をコーティングし、ゾル化は大気中の水分により多孔質体上で行わせるものである。この相異により、前者では、被膜を適当な膜厚にするために複数回コーティングする場合、一回コーティングする毎に焼成し、この作業を複数回繰り返して反復する必要があるが、後者では、コーティングのみを繰り返して連続して複数回行い、しかる後最後に焼成を1回だけ行えばよい利点がある。従って後者の方法では前者の方法と比較して、基本的に焼成が1回だけで済むために、エネルギーコストが低く、製膜時間が短くなるメリットがある。もちろん後者においてもコーティング毎に焼成を繰り返すことを否定するものではない。

【0015】後者の方法をさらに詳細に説明すると、まずポリエチレングリコールは、チタンアルコキシドの溶液の粘度を調整し、且つ被膜を多孔質状にするために添加するものであって、このポリエチレングリコールの分子量によって形成される孔径が異なるため、窒素酸化物が吸着されやすい孔径になるような分子量のものを使用するのが好ましく、一般には300～1500の分子量のものが使用される。またチタンアルコキシドの溶液は、溶媒として一般的にはエタノール、メタノール等が用いられ、また急激な加水分解を防ぐために、ジエチレングリコールモノエチルエーテル等が適宜添加される。さらにこの方法は、ゾル化に空気中の水分を用いるものであるが、多湿な雰囲気下では急激な加水分解反応を起こしてゲル化できないことがあるため、空気中の水分の目安として、通常は10%RH以下の低湿度雰囲気下でコーティングを行うようにするのが好ましい。また適当な膜厚にするために複数回コーティングする場合、コーティング回数は、特に限定されるものではないが、通常は2～5回程度とされる。さらにコーティングは、一般

にはディップコーティングにより行われるが、スプレー法やスピニング法等、適宜塗布方法でよい。

【0016】なお二酸化チタンを含有する被膜が形成される多孔質体にナトリウムが含まれている場合、そのナトリウムが二酸化チタンと反応してチタン酸ナトリウムになると、窒素酸化物の除去効果が低下することがある。そのために多孔質体に、予めけい素アルコキシドのゾル溶液をコーティングすることにより二酸化けい素からなるプレコート層を形成し、該プレコート層上に二酸化チタンを含有する被膜を形成するのが好ましい。この二酸化けい素からなるプレコート層により二酸化チタンを含有する被膜は、ナトリウムが含まれる多孔質体と分離され、チタン酸ナトリウムの発生が防止される。

【0017】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について図面を参照し、具体的に説明する。すなわち図1に係る実施の形態は、多孔質体1に直接二酸化チタンを含有する被膜2が形成された吸音材を示し、図2は多孔質体1に二酸化けい素からなるプレコート層3が形成され、このプレコート層3に二酸化チタンを含有する被膜2が形成された吸音材を示している。また図3は多孔質体1に直接二酸化チタンを含有する多孔質状の被膜4が形成された吸音材を示し、図4は多孔質体1に二酸化けい素からなるプレコート層3が形成され、このプレコート層3に二酸化チタンを含有する多孔質状の被膜4が形成された吸音材を示している。なお11は多孔質体1に形成されている多数の孔であり、41は多孔質状の被膜4に形成されている多数の孔41は図では均一に描かれているが、実際はもっと複雑な微細構造に現れる。

【0018】上記図4に示された吸音材を例にして本発明による吸音材の製造方法を具体的に説明すると、まずオルト珪酸テトラメチル、溶媒としてのエタノール、加水分解触媒としての酢酸、及び水を、それぞれ容積比で2:5:1:2の比率になるように配合してプレコート溶液を作成する。このプレコート溶液を多孔質体1にディップコーティングした後、約100℃前後で乾燥させて溶媒を除去させることにより、多孔質体1に二酸化けい素からなるプレコート層3が形成される。このディップコーティングは通常は1回でよい。

【0019】次いでこのプレコート層3に、二酸化チタンを含有する多孔質状の被膜4を形成するのであるが、まず、被膜形成のためのチタンアルコキシドであるチタンテトライソプロポキシド、溶媒であるエタノール、溶液の粘度調整と被膜4を多孔質状にする平均分子量600のポリエチレングリコール、及び急激な加水分解を防ぐジエチレングリコールモノエチルエーテルを、それぞれ容積比2:15:2:1の比率になるように配合してチタンアルコキシドの溶液を作成する。そして湿度が10%RHの雰囲気下で、この溶液を前記プレコート層3

が形成された多孔質体1に、複数回ディップコーティングを繰り返し行うことにより適当なコーティング厚にした後、乾燥させて焼成すれば、本発明による吸音材が得られる。前記焼成は、一般には、電気炉に入れ、室温から徐々に加熱昇温させて450℃まで温度を上昇させ、この状態で1時間程度保持し、その後は電気炉の電源を切って徐々に温度を下げていけばよい。

【0020】

【実施例】次に本発明の吸音材による実施例1～5及び従来からなる比較例1～2による、窒素酸化物の除去能力を測定し、その結果を図5～11に示した。測定方法は、図12の如く、上部のブラックライトにより365nmの紫外光が照射される反応容器内に測定する試料を置き、1ppmの一酸化窒素をこの反応容器中に導入し、この反応容器から出てくる一酸化窒素及び二酸化窒素の量を測定した。

【0021】図5は、二酸化けい素からなるプレコート層が形成された多孔質体1に、1回のディップコーティングにより二酸化チタンを含有する多孔質状の被膜が形成された実施例1による吸音材の窒素酸化物の除去能力を示し、図6は、ディップコーティングが2回行われ、二酸化チタンを含有する多孔質状の被膜の膜厚がやや実施例1より厚くなされた実施例2による吸音材の場合を示し、図7はディップコーティングが3回行われ、実施例2により被膜の膜厚がさらに厚くなされた実施例3による吸音材の場合を示している。

【0022】この実施例1～3は、図5～7から、いずれも紫外光が照射されると一酸化窒素が減少し、効果的に除去されていることが判る。また二酸化窒素の量が僅か増えているが、この二酸化窒素は、二酸化チタンの活性により一酸化窒素が酸化されて生じたものであり、一酸化窒素の減少量の大半は二酸化チタンに吸着されたまままで硝酸まで酸化されるが、その一部は二酸化チタンから脱着して二酸化窒素として放出されているものと思われる。

【0023】また図5～7から、ディップコーティング回数の多い、すなわち被膜の膜厚が厚くなれば、一酸化窒素の減少量も多くなり、窒素酸化物の除去能力が高められることが判る。

【0024】次に図8は、プレコート層を形成せずに、多孔質体1に直接ディップコーティングを2回行い、二酸化チタンを含有する多孔質状の被膜が形成された実施例4による吸音材の窒素酸化物の除去能力を示し、図9はディップコーティングを4回行い、実施例4より被膜の膜厚が厚くなされた実施例5による吸音材の場合を示している。

【0025】この図8～9から、実施例5は実施例4より窒素酸化物の除去能力に優れ、前記と同様に被膜の膜厚が厚くなれば、一酸化窒素の減少量も多くなり、窒素酸化物の除去能力が高められることが判る。またディップ

ブコーティングが同じ2回、すなわち被膜の膜厚が同じである実施例2と実施例4とを比較すると、図6と図8とから、プレコート層を形成した実施例2の方が窒素酸化物の除去能力に優れていることが判る。このことから二酸化けい素からなるプレコート層を形成すれば、窒素酸化物の除去能力を低下させるチタン酸ナトリウムの発生が防止されていることが判る。

【0026】さらに図10は、多孔質体に、二酸化チタンを含有する被膜が形成されていない比較例1による従来の吸音材の窒素酸化物の除去能力を示し、図10から、二酸化チタンを含有する被膜が形成されていない従来の吸音材では、窒素酸化物の除去能力を有していないことが判る。

【0027】また図11は、ポリエチレンの板上に4回のディップコーティングに相当する量の二酸化チタンを粉末のまま配設した比較例2のよる板状体の窒素酸化物の除去能力を示している。この比較例2においてもそれなりに窒素酸化物の除去能力を有しているが、二酸化チタンの量が同じであるこの比較例2と前記実施例5とを比較すると、図11と図9とから、多孔質体に二酸化チタンを被膜として形成した実施例5の方が窒素酸化物の除去能力に優れていることが判る。

【0028】以上、本発明による吸音材は、被膜に含有された二酸化チタンにより窒素酸化物の除去能力に優れているが、この二酸化チタンの強い酸化力により、窒素酸化物の除去だけでなく、硫黄酸化物の除去や他の有機物の除去等、汚染物質や有害物質の除去に優れた効果を発揮するものである。

【0029】

【発明の効果】本発明による請求項1記載の吸音材によれば、多孔質体に、二酸化チタンを含有する被膜が形成されているので、多孔質体により騒音の低減を図ることができ、また被膜の二酸化チタンに光が照射されると二酸化チタンが活性化され、この活性化された二酸化チタンに空気中の窒素酸化物が触れると、窒素酸化物は二酸化チタンの活性による強い酸化力で硝酸等に酸化されて除去できる。しかも多孔質体は多孔構造により無孔質材に較べて露出されている表面積が大きく、この多孔質体に形成された被膜の二酸化チタンは、空気中の窒素酸化物に触れる表面積も大きくなることから、効果的に窒素酸化物が除去される。

【0030】また本発明による請求項2記載の吸音材によれば、前記二酸化チタンを含有する被膜は、多孔質状となされているので、二酸化チタンと空気との接触面積がさらに大きくなると共に、形成された多くの孔に窒素酸化物が吸着され、且つその吸着された窒素酸化物は二酸化チタンにより硝酸等に酸化されるまで脱着されることが防止される。

【0031】さらに本発明による請求項3記載の吸音材によれば、多孔質体に、ポリエチレングリコールを添加

したチタンアルコキシドの溶液をコーティングし、大気中の水分により前記チタンアルコキシドを加水分解させた後、焼成することにより、二酸化チタンを含有する多孔質状の被膜が形成されているので、被膜を適当な膜厚にするために複数回コーティングする場合、一回コーティングする毎に焼成する必要がなく、コーティングのみを繰り返し連続して複数回行い、しかる後最後に焼成を1回だけ行えばよい利点がある。従って基本的に焼成が1回だけで済むために、エネルギーコストが低く、製膜時間が短くなるメリットがある。

【0032】さらにまた本発明による請求項4記載の吸音材によれば、多孔質体に、予めけい素アルコキシドのゾル溶液をコーティングすることにより二酸化けい素からなるプレコート層が形成され、該プレコート層上に二酸化チタンを含有する被膜が形成されているので、多孔質体にナトリウムが含まれている場合、この二酸化けい素からなるプレコート層により二酸化チタンを含有する被膜は、ナトリウムが含まれる多孔質体と分離され、窒素酸化物の除去効果を低下させるチタン酸ナトリウムの発生が防止される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る吸音材の実施の一形態を示す断面説明図である。

【図2】本発明に係る吸音材の他の実施の一形態を示す断面説明図である。

【図3】本発明に係る吸音材のさらに他の実施の一形態を示す断面説明図である。

【図4】本発明に係る吸音材のさらに他の実施の一形態を示す断面説明図である。

【図5】本発明に係る吸音材の窒素酸化物の除去能力を示すグラフである。

【図6】本発明に係る吸音材の窒素酸化物の除去能力を示すグラフである。

【図7】本発明に係る吸音材の窒素酸化物の除去能力を示すグラフである。

【図8】本発明に係る吸音材の窒素酸化物の除去能力を示すグラフである。

【図9】本発明に係る吸音材の窒素酸化物の除去能力を示すグラフである。

【図10】従来の吸音材の窒素酸化物の除去能力を示すグラフである。

【図11】二酸化チタンの粉末を配設した板状体の窒素酸化物の除去能力を示すグラフである。

【図12】窒素酸化物の除去能力の測定方法を示す説明図である。

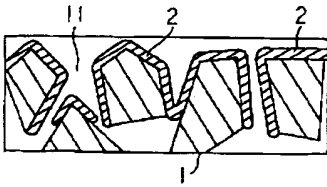
【符号の説明】

- 1 多孔質体
- 11 孔
- 2 被膜
- 3 プレコート層

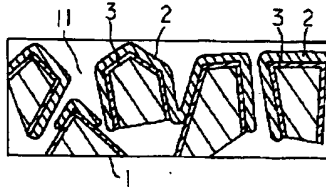
4 多孔質状の被膜

41 孔

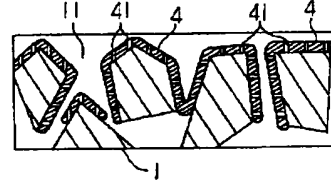
【図1】



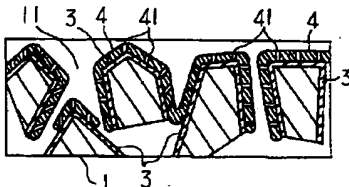
【図2】



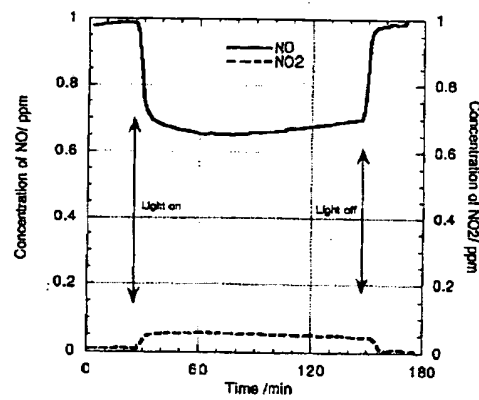
【図3】



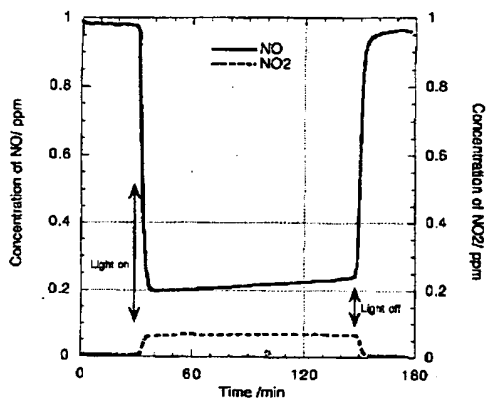
【図4】



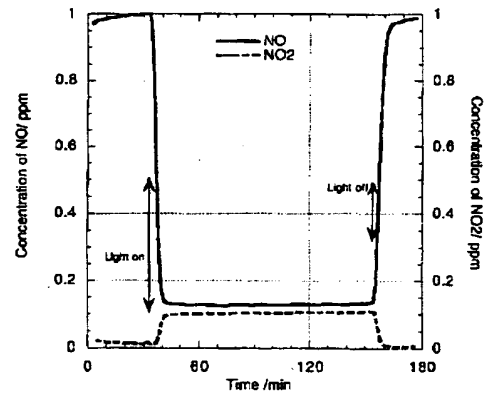
【図5】



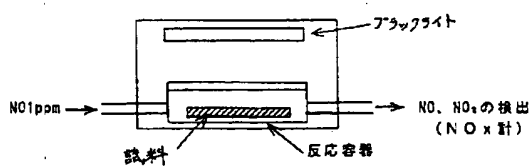
【図6】



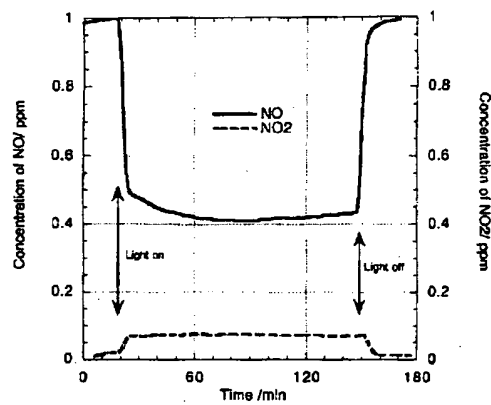
【図7】



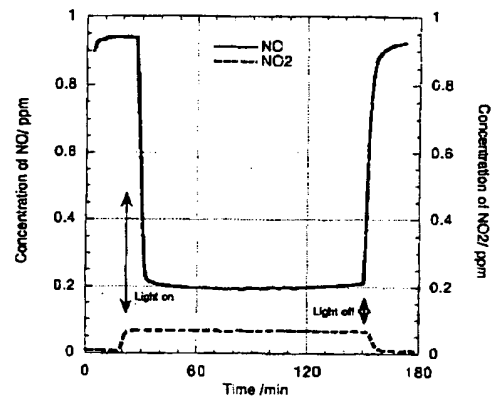
【図12】



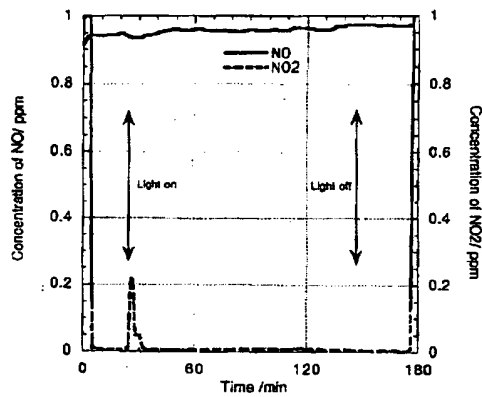
【図8】



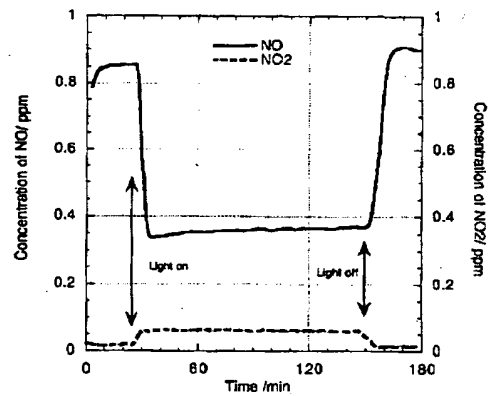
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 根岸 信彰
茨城県つくば市小野川16番3 工業技術院
資源環境技術総合研究所内
(72)発明者 太田 和亘
滋賀県蒲生郡安土町桑実寺38-58

(72)発明者 土井 尊弘
滋賀県蒲生郡竜王町鏡2041
(72)発明者 田近 悟
滋賀県野洲郡野洲町行畑242-1